Review
JOURNAL OF UNIVERSITY OF BABYLON
For Pure and Applied Sciences (JUBPAS)
Vol.33 ; No.4 | 2025

The Problem of Solid Waste Management: Review

Hala Faez Abdulhadi Al-Jawaherey*[1] Noor Saadallah Naji[2]
Atheer Saieb Naji Al-Azawey [3]

[1]College of Science, University of Babylon, sci.hala.ali@uobabylon.edu.iq , Hilla, Babylon, Iraq.
[2]College of Science, University of Babylon, noor.saadallah@uobabylon.edu.iq , Hilla, Babylon, Iraq.
[3]College of Environmental Sciences, University of Al-Qasim, atheersaieb@environ.uoqasim.edu.iq , Al-Qasim, Babylon, Iraq
***Corresponding author email:** sci.hala.ali@uobabylon.edu.iq

مشكلة إدارة النفايات الصلبة:مراجعة

حلا فائز عبد الهادي الجواهري*[1] نور سعد الله ناجي[2] أثير سايب ناجي العزاوي[3]

1 كلية العلوم، جامعة بابل، *sci.hala.ali@uobabylon.edu.iq* ، صندوق بريد 4، الحلة، العراق

2 كلية العلوم، جامعة بابل، *noor.saadallah@uobabylon.edu.iq* ، صندوق بريد 4، الحلة، العراق

3 كلية علوم البيئة، جامعة القاسم الخضراء، *atheersaieb@environ.uoqasim.edu.iq* ، القاسم، العراق

Accepted: 9/12/2025 **Published:** 31/12/2025

ABSTRACT

Solid waste management has become a critical environmental challenge due to its direct implications for public health and resource sustainability. Rapid population growth, urban expansion, and shifts in consumption patterns have led to a steady increase in waste generation, while existing infrastructure often struggles to keep pace with these rising quantities. The complexity of the issue stems from the diverse composition of solid waste—ranging from household and industrial refuse to medical and plastic materials—each of which requires specialized treatment methods to reduce environmental harm.

Key obstacles include inefficient collection and sorting systems, reliance on open dumping or uncontrolled burning, and the resulting contamination of air, soil, and groundwater. The problem is further exacerbated by limited public awareness and insufficient recycling policies. Addressing these challenges calls for an integrated approach that prioritizes waste reduction at the source, promotes reuse and recycling, and supports the development of safe and efficient treatment technologies.

Improving solid waste management ultimately depends on coordinated efforts among governmental institutions, the private sector, and local communities. Establishing clear regulatory frameworks and supporting sustainable practices can help mitigate the environmental impacts of waste and transform it into a valuable resource that contributes to long-term environmental and economic resilience.

Key words: Solid Waste, Management, Recycling, Pollution

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com
مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

الخلاصة

اصبحت إدارة النفايات الصلبة تحديًا بيئيًا بالغ الأهمية؛ نظرًا لتداعياتها المباشرة على الصحة العامة واستدامة الموارد. فقد أدى النمو السكاني السريع، والتوسع العمراني، والتحولات في أنماط الاستهلاك إلى زيادة مطردة في إنتاج النفايات، إذ غالبًا ما تكافح البنية التحتية القائمة لمواكبة هذه الكميات المتزايدة.

يظهر تعقيد هذه المشكلة من تنوع تركيبة النفايات الصلبة – بدءًا من النفايات المنزلية، والصناعية وصولًا إلى المواد الطبية ،والبلاستيكية – التي يتطلب كل منها أساليب معالجة متخصصة للحد من الضرر البيئي.

وتشمل العقبات الرئيسية ضعف كفاءة أنظمة الجمع ،والفرز، والاعتماد على المكبات المفتوحة ،أو الحرق غير المنضبط، وما ينتج عنه من تلوث للهواء ،والتربة والمياه الجوفية. وتتفاقم المشكلة بسبب ضعف الوعي العام، سياسات إعادة التدوير. وتتطلب معالجة هذه التحديات نهجًا متكاملًا يُعطي الأولوية للحد من النفايات من المصدر، ويشجع على إعادة الاستخدام والتدوير، ويدعم تطوير تقنيات معالجة آمنة وفعالة.

يعتمد تحسين إدارة النفايات الصلبة في نهاية المطاف على تنسيق الجهود بين المؤسسات الحكومية ،والقطاع الخاص، والمجتمعات المحلية. إنَ إنشاء أطر تنظيمية واضحة ودعم الممارسات المستدامة يساعد الى حدَ في التخفيف من الآثار البيئية للنفايات، وتحويلها إلى مورد يساهم في المرونة البيئية والاقتصادية على المدى الطويل.

الكلمات المفتاحية: النفايات الصلبة، الإدارة، إعادة التدوير، التلوث

المقدمة:

1- زيادة انتاج النفايات الصلبة وصفاتها :

لقد أخذ معدل زيادة النفايات العالمية يشكل مصدر قلق [1] ففي تقرير البنك الدولي بعنوان "What a Waste 2.0" ظهرت زيادة بنسبة 70٪ في توليد النفايات السنوية العالمية من 2.01 مليار طن في عام 2016 إلى 3.40 مليار طن بحلول عام 2050، متجاوزة بذلك معدل نمو السكان، فهذا التفاوت الكبير في فالبلدان ذات الدخل المرتفع، تنتج حوالي 34٪ من النفايات، على الرغم من أنها لا تشكل سوى 16٪ من سكان العالم. وقد أثبت[2] في وقت سابق وجود علاقة إيجابية قوية بين معدلات توليد النفايات، والناتج المحلي الإجمالي للفرد.

تختلف البلدان بصورة كبيرة في تنوع النفايات بحسب مستواها الاقتصادي، فالبلدان ذات المستوى الاقتصادي المنخفض ، تكون لديها نسبة عالية من النفايات العضوية (غالبًا ما تزيد عن 50٪)، بينما تظهر البلدان ذات المستوى الاقتصادي المرتفع نسبًا أعلى من نفايات الورق، والبلاستيك والتغليف [3] ويعد التوصيف الدقيق لتلك النفايات وتصنيفها أمرًا أساسيًا لتصميم أنظمة إدارة مناسبة[4] .

في العراق، لا تزال معالجة النفايات ،وإعادة تدويرها للإفادة منها محدودة للغاية. وقد لخصت دراسة مراجعة ذلك بالقول: " لا بد من استراتيجية سليمة لإدارة النفايات – تشمل التخفيض وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير والتسميد – لتقليل ما يُرمى في مكبات النفايات"[5]

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

وقد أكدت إحدى الدراسات حول استراتيجية إعادة تدوير النفايات في العراق أنه "لم يطور استراتيجية لإعادة تدوير النفايات ... في ضوء التغيرات الاقتصادية ،والمناخية"، وأن إعادة التدوير يمكن أن تساعد في ذلك على المستوى الاقتصادي والاجتماعي والبيئية؛ للتنمية المستدامة[6]

2- عملياتُ جمعِ النفايات ونقلها:

تعد عملية جمع النفايات من العقبات الرئيسية ؛خاصة في البلدان المتوسطة ،والمنخفضة ، الدخل (LMICs) ؛وقد وثق [7]معدلات جمع تقل غالبًا عن 50٪ في العديد من المناطق الحضرية في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، وجنوب آسيا، مما أدى إلى انتشار عمليات طمرالنفايات ،وحرقها، وتشمل العوامل التي تؤثر على كفاءة الجمع: عدم وجود مناطق نظامية للسكان ووجود بنية تحتية تتيح جمع العينات ومعالجتها فضلا عن القيود المالية، وقضايا الحوكمة[8] . شدد [9] على أهمية زج جامعي النفايات غير الرسميين في أنظمة الجمع الرسمية؛ لتحسين تغطية مناطق جمع النفايات،وسبل العيش.

يحظى تحسين مسارات نقل النفايات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات إدارة المركبات الناقلة للنفايات باهتمام متزايد ؛بفضل دوره في تحسين الكفاءة، وخفض التكاليف، والانبعاثات في لوجستيات جمع النفايات.[11], [10]

ويظهر السياق العراقي عددًا من القيود الهيكلية والنظامية. إذ يستشهد مرارًا بالصراع والعقوبات الاقتصادية ومحدودية القدرات المؤسسية وتجزؤ الإدارة (المركزية مقابل المحافظات مقابل البلديات) ونقص البيانات وتهالك البنية التحتية. على سبيل المثال، يُشير [12] أن العراق يواجه العديد من المشاكل المرتبطة بأنظمة النفايات الصلبة غير المُنظّمة .

ويُلخّص برنامج الأمم المتحدة الإنمائي الوضع قائلاً: "يفتقر البلد إلى بنية تحتية حقيقية لإدارة النفايات... إذ يُتخلص من معظمها في مكبات نفايات غير مُنظّمة[13] ، فضلا عن ذلك، ارتفاع تكاليف جمع النفايات ونقلها ؛ وقد وجدت دراسة نمذجة في بغداد باستخدام "نموذج نقل" أن النقل يُشكّل جزءًا كبيرًا من التكلفة [14]

3- معالجةُ النفايات وامكانية اعادة تدويرها:

هنالك أهمية في عمليات معالجة النفايات، واعادة تدويرها واستخدامها ،أكثر من عملية طرحها من دون معالجة:

- **إعادة التدوير:** مع تفاوت معدلات إعادة التدوير بشكل كبير، ركّز [15] على تعقيدات أسواق إعادة تدوير البلاستيك العالمية ،وتحديات التلوث ،وانخفاض قيمة تلك المواد. أما فيما يخص إعادة تدوير النفايات الإلكترونية ،فإنها تواجه عقبات كبيرة؛ تتعلق بالمكونات الخطرة (مثل المعادن الثقيلة ومثبطات اللهب الحاوية على البروم) والممارسات غير النظامية لبعض القطاعات الصناعية ؛مما يشكّل مخاطر صحية [16]. تتطلب إعادة التدوير الفعّالة ،أنظمة تجميع منفصلة، ومنشآتًا لاستعادة المواد (MRFs)، وأسواقًا نهائية مستقرة [17].
- **معالجة النفايات العضوية:**

أ- **التسميد:** يُستخدم على نطاق واسع لمعالجة النفايات العضوية المفصولة من المصدر؛ مما يُقلل من حجم مكبات النفايات ،ويُحسّن التربة. أكد [18] وآخرون (2010) على ضرورة مراقبة الجودة ؛لضمان سلامة المنتج ،وقابليته للتسويق. تشمل التحديات إدارة الروائح ،ومدة العملية ومتطلبات المساحة.

ب- **الهضم اللاهوائي (AD):** يستخدم بصورة شائعة في معالجة نفايات الطعام ،وحمأة الصرف الصحي وإنتاج الغاز الحيوي (مصدر طاقة متجددة) ،والنفايات العضوية (السماد). أوضح [19]أن هنالك انخفاضًا ملحوظًا في انبعاثات

غازات الاحتباس الحراري مقارنةً بطمر النفايات كما يتطلب توسيع نطاق الهضم اللاهوائي استثمارات كبيرة وثباتًا في المواد الخام.

- **تحويل النفايات إلى طاقة (WTE):** يُعد تدوير النفايات من خلال حرقها ، استعادتها على شكل طاقة أمرًا شائعًا في المناطق ذات الدخل المرتفع التي تعاني من ندرة الأراضي (مثل أوروبا واليابان وسنغافورة). قدّم [20] مراجعة شاملة للآثار البيئية لحرق النفايات ،والاستفادة من الطاقة الناتجة وخلصوا إلى أن المحطات الحديثة ذات التشغيل الجيد والمزودة بأنظمة متطورة لمكافحة تلوث الهواء ؛يمكن أن تكون فعّالة في إدارة بقايا النفايات وإنتاج الطاقة ؛بلحاظ أن تكاليف رأس المال المطلوب لهذه الفعاليات مرتفع.

يُعدّ تحويل النفايات الى غاز،والتحلل الحراري من التقنيات الحرارية الناشئة التي تواجه تحديات تتعلق بتباين في المواد الخام وتكوين القطران مما يسبب مشكلة أخرى في البيئة[21] .

4- التخلص النهائي للنفايات من خلال مدافن النفايات:

لا يزال الطمر الصحي هو الأسلوب السائد للتخلص من النفايات عالميًا إلا أن المعايير الصحية غالبًا ما لا تُلبى. ذكر [1] أن أكثر من ٣٣٪ من النفايات العالمية تُلقى من دون الافادة منها ،أو تُدار بشكل سيء. إذ تُشكل مواقع الطمرضررا جسيما، منها تلوث المياه الجوفية بسائل المرتشح [22]وانبعاثات الميثان (غاز دفيئ قوي) ([23] ومخاطر على الصحة العامة خصوصا مواقع الطمرغير المجازة . مما يتطلب انشاء مدافن طمر صحية حديثة لها بطانات مُصممة هندسيًا وأنظمة لجمع ومعالجة السائل المرتشح واحتجاز غازات المدافن (غالبًا للطاقة) فضلا عن تغطيتها بصورة نهائية. ناقش [24] مدافن النفايات التي تعمل بالمفاعلات الحيوية التي تُسرّع عملية التحلل من خلال إعادة تدوير السائل المرتشح، مما يُعزز استعادة الغاز وانتاج طاقة اضافية ،بشرط ان يتطلب إدارة دقيقة.

5- التحدياتُ الناشئةُ والتوجهاتُ المستقبلية

- التلوث البلاستيكي: قام [25] بقياس كمية النفايات البلاستيكية الهائلة التي تُلقى في المحيطات من مصادر برية مُسلّطين الضوء على فشل أنظمة إدارة النفايات الصلبة الحالية في احتوائها ،مما يستلزم خفضًا في الإنتاج وتحسينًا في جمع النفايات ،وابتكار حلول لإعادة التدوير/التخلص من النفايات بعد انتهاء عمرها الافتراضي.
- الاقتصاد الدائري: يعتمد على مبدأ ادارة النفايات من خلال التخلص منها عن طريق انتاج مواد يمكن اعادة تصنيعها واستخدامها من جديد من دون الحاجة لاستخدام موارد طبيعية، وبالتالي رفض نموذج: الأخذ–التصنيع–التخلص الخطي. أكد [26] بأن إدارة النفايات الصلبة يجب أن تتطور نحو إدارة الموارد ،مع إعطاء الأولوية لمنع تكوين النفايات، وايجاد التصميم القابل لإعادة التدوير والتكامل الصناعي.
- التكنولوجيا والبيانات: توفر إمكانات كبيرة لأنظمة أكثر ذكاءً وكفاءة للفرز من تحليلات البيانات الضخمة وأجهزة استشعار الأشياء ؛لمراقبة صناديق القمامة والذكاء الاصطناعي للفرز، وتقنيات إعادة التدوير المتقدمة (على سبيل المثال: إعادة التدوير الكيميائي للبلاستيك) [27].

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

- السياسة والحوكمة: تتطلب إدارة النفايات الصلبة الفعالة أطرًا سياسية قوية (على سبيل المثال: مسؤولية المنتج الموسعة – EPR) والتمويل الكافي والقدرة المؤسسية وإشراك أصحاب المصلحة (بما في ذلك القطاع غير الرسمي) [3], [8]
- صفر نفايات: استكشف [28]مفهوم وتحديات تحقيق صفر نفايات في مكبات النفايات، الأمر الذي يتطلب تغييرات منهجية في الإنتاج والاستهلاك واستعادة الموارد.

الاستنتاج:

تُعدّ إدارة النفايات الصلبة تحديًا عالميًا معقدًا ومتعدد الجوانب ولذا يتطلب ايجاد حلول متكاملة ومحددة السياق ؛تتماشى مع مبادئ التسلسل الهرمي للنفايات والاقتصاد الدائري. فعلى الرغم من التقدم الملحوظ الذي أُحرز في تقنيات المعالجة (التسميد والمعالجة بالهواء وتحويل النفايات إلى طاقة) وهندسة مكبات النفايات في المناطق المتقدمة ،إلا انه لا تزال أعداد كبيرة من السكان في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل تفتقر إلى خدمات جمع النفايات الأساسية ،إذ تلجأ الى التخلص منها بطريقة ضارة بالبيئة.ولذا لابد أن تركز الجهود المستقبلية على منع سوء معالجة النفايات، من خلال تحسين تغطية، وكفاءة عمليات جمع النفايات ،وتوسيع نطاق استعادة الموارد (وخاصة المواد العضوية والبلاستيكية) ،والتخلص التدريجي العشوائي للنفايات ، فضلا عن تسخير التكنولوجيا الحديثة ،وتعزيز الحوكمة ،ومنها تشجيع التعاون العالمي لمعالجة القضايا العابرة للحدود مثل التلوث البلاستيكي. إذ لا يزال البحث العلمي بالغ الأهمية في تطوير ويجاد حلول مبتكرة لمختلف مسارات إدارة النفايات الصلبة ،فضلا عن تقييم الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

Conflict of interests.

There is no conflict of interests.

References

[1] S. e. a. Kaza, "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050," World Bank, 2018.

[2] D. &. B.-T. P. Hoornweg, "What a waste: A global review of solid waste management.," World Bank Urban Development Series Knowledge Papers, 2012.

[3] D. C. e. a. Wilson, "Global Waste Management Outlook," United Nations Environment Programme (UNEP) / International Solid Waste Association (ISWA), 2015.

[4] L. A. M. G. &. H. W. Guerrero, "Solid waste management challenges for cities in developing countries," *Waste management,* pp. 220-232, 2013.

[5] H. K. Y. S. S. A. &. A. A. M. Gokcekus, "MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM AND ENVIRONMENTAL IMPACTS IN," *International Journal of Civil Engineering and Technology,* pp. 106-113, 2020.

[6] M. H. &. M. H. S. Kzar, "Waste Recycling Strategy and its Role in Enhancing the Dimensions of Sustainable Development in Iraq," *Journal of Economics and Administrative Sciences,* pp. 300-318, 2024.

[7] C. G. M. A. H. B. W. &. K. D. Zurbrügg, "Determinants of sustainability in solid waste management – The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia," *Waste Management,* pp. 2126-2133, no.11 vol.32 2012.

[8] R. E. &. F. K. Marshall, "Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries," *Waste Management,* pp. 988-1003, no.4 vo.33 2013.

[9] D. C. V. C. &. C. C. Wilson, "Role of informal sector recycling in waste management in developing countries," *Habitat International,* pp. 562-570, no.4 vo.36 2012.

[10] G. Z. Z. S. V. &. C. M. D. G. Tavares, "Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using GIS.," *International Journal of Geographical Information Science,* pp. 553-562, no.4 vo.23 2009.

[11] M. P. A. &. Z. G. Faccio, "Waste collection multi objective model with real time traceability data," *Waste Management,* pp. 391-2405, no.12 vo.31 2011.

[12] M. A. U. G. &. A. W. M. S. Al-Mohammed, "The reality of solid waste management in Iraq and ways of development," *Tikrit Journal of Engineering Sciences,* pp. 1-20, no.3 vo.28 2021.

[13] N. S. Hadi, "Leachate Characterization and Assessment of Soil Pollution Near Some Municipal Solid Waste Transfer Stations in Baghdad City," *Nature Environment and Pollution Technology,* pp. 2239-2247, no.4 vol.22 2023.

[14] Z. F. W. Tayyeh, "Characterization of Municipal Solid Waste and Estimation of Al Nabai Landfill Gas Emissions in Baghdad with LandGEM Model and Field Measurements," *Bull. of Atmos. Sci.& Technol.,* no.20 vo.6 2025.

[15] A. D. M. B. A. J. L. M. E. L. L. H. O. V. K. &. M. S. D. Macheca, "Perspectives on plastic waste management: challenges and possible solutions to ensure its sustainable use," *Recycling,* p. 77, no.5

vo.9 2025.

[16] P. N. R. &. W. M. H. Kiddee, "Electronic waste management approaches: An overview.," *Waste management,* pp. 1237-1250, no.5 vol.33 2013.

[17] S. &. S. J. A. Van Ewijk, "Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput," *Journal of Cleaner Production,* pp. 122-128, vo.132 2016.

[18] J. C. J. G. X. F. X. S. A. A. A. &. R. J. Martínez-Blanco, "The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale," *Waste Management,* pp. 983-994., no.6 vol.30 2010.

[19] L. &. M. B. De Baere, "Anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste in Europe," in *Proceedings of the International Conference on Solid Waste 2011 - Moving Towards Sustainable Resource Management*, Hong Kong SAR, P.R. China, 2011.

[20] T. F. T. D. T. R. &. B. A. Astrup, "Life cycle assessment of thermal Waste-to-Energy technologies: Review and recommendations.," *Waste Management,* pp. 104-115, vol.37 2015.

[21] U. Arena, "Process and technological aspects of municipal solid waste gasification. A review," *Waste Management,* pp. 625-639, no.4 vo.32 2012.

[22] S. G. J. G. P. S. D. F. &. M. P. J. J. O. H. M. Renou, "Landfill leachate treatment: Review and opportunity.," *Journal of hazardous materials,,* pp. 468-493, no.3 vol.150 2008.

[23] B. D. O. R. B. P. R. D. R. &. M. L. A. Netz, " Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers," 2007.

[24] V. R. P. R. S. &. B. R. Vijayalakshmi, "Antibiotic Resistance Genes–An Emerging Genetic Pollutant of LFL.," *Water, Air and Soil Pollution,* p. 348, no.6 vol.235 2024.

[25] J. R. G. R. W. C. S. T. R. P. M. A. A. .. &. L. K. L. Jambeck, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science,* pp. 768-771, NO.6223 VOL.347 2015.

[26] J. H. A. &. S. J. Korhonen, "Circular economy: the concept and its limitations," *Ecological economics,* pp. 37-46., vol.143 2018.

[27] B. W. B. L. K. D. F. R. C. &. B. S. Esmaeilian, "The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper," *Waste management,* pp. 177-195, vol.81 2018.

[28] A. U. Zaman, "A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines.," *ournal of Cleaner Production,* 2015.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية